

中国建设教育协会继续教育委员会推荐培训教材

建筑钢结构施工 新技术及应用

JIANZHU GANGJIEGOU SHIGONG
XINJISHU JI YINGYONG

吴欣之 胡玉银◎主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

中国建设教育协会继续教育委员会推荐培训教材

建筑钢结构施工 新技术及应用

JIANZHU GANGJIEGOU SHIGONG
XINJISHU JI YINGYONG

吴欣之 胡玉银◎主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书共 23 章, 通过技术介绍与应用实例相结合的方式, 介绍了现代建筑钢结构施工新技术。本书收录的新技术涉及建筑钢结构制造、安装等领域, 尤其侧重现场施工新技术, 包括测量、吊装、焊接等。

本书可作为建筑施工, 尤其是钢结构施工技术及管理人士的继续教育培训教材, 也可供相关专业的大中专院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑钢结构施工新技术及应用/吴欣之, 胡玉银主编. —北京: 中国电力出版社, 2011. 4

中国建设教育协会继续教育委员会推荐培训教材

ISBN 978 - 7 - 5123 - 1539 - 6

I. ①建… II. ①吴…②胡… III. ①钢结构-建筑工程-工程施工-技术培训-教材 IV. ①TU758.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 051241 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

责任编辑: 周娟华 E-mail: juanhua Zhou@163.com

责任印制: 郭华清 责任校对: 常燕昆

北京市同江印刷厂印刷·各地新华书店经售

2011 年 6 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm 16 开本 12.5 印张 299 千字

定价 35.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

编委会成员

编委会主任 向寒松

常务副主任 李 瑛

编委会委员 (按姓氏笔画排序)

于金生	王积孝	朱世平	余 萍	李庚尧
陈光圻	吴锡锦	陈扬年	周 娟	钱 莹
符里刚	龚国兴	龚 毅	谭翔北	

序

按照国家有关规定，在职人员的继续教育已形成制度，工程建设行业的继续教育也已有相当规模。但是，由于受各种条件的限制，致使培训教材建设有些滞后，迫切需要反映当前建设行业最新的理念、知识和技术的新教材，以适应在职人员的培训和学习需要。

由于我国经济建设发展迅猛，新技术、新工艺、新材料层出不穷，培训教材的更新也应加快速度，缩短周期。两年多来，我们搜集了近十多年来出版的数十个版本相关培训教材和书籍，逐一进行对比分析；调研了各地培训现状，深入基层了解实际需求，广泛征求各方意见；多次召开编审会和教材研讨会，本着求真务实、宁缺勿滥的原则，力争编写内容新、实用性强的培训教材。于是，我们邀集了活跃在我国重点工程建设的著名高级技术人才，从事教学、管理数十年的资深专家，作为这套丛书的主编。虽然他们异常忙碌，但却非常支持我们的工作，在此表示衷心的感谢。

本套培训教材的主要特点如下：

1. 内容新颖凝练，实用性强，理论与实践相结合，有些新技术、新工艺已成功地运用到北京国家大剧院和上海世博会的建设中。
2. 主编资历深、专业水平高，既有扎实的理论功底，又有丰富的实践经验。
3. 从岗位实际出发，以提高从业人员的业务能力为目标，基础理论点到为止，侧重以新的理念为先导，在讲解新技术、新方法的同时，辅以解决问题的思路和管理模式，便于自学。
4. 由于旨在补充新知识，因此受众较为宽泛，可作为工程建设专业技术人员和施工现场管理人员的继续教育培训教材、各类资质培训的选修教材，又可作为相关人员的自修读物。

编委会

前 言

进入 21 世纪以来,得益于经济的持续繁荣,我国以超高层建筑、大型公共建筑和地下建筑为代表的建筑工程层出不穷。而钢结构作为一种相对年轻的结构,也得到了长足的发展。建筑钢结构工程的发展呈现出以下显著特点:①超高层建筑不断攀登新高度。2009 年落成的上海环球金融中心高达 492m,2010 年广州新电视塔更以 610m 的高度成为世界第一高塔。②结构的跨度越来越大。以北京国家大剧院、国家奥林匹克体育场和上海南站为代表的钢结构工程,跨度都超过或接近 300m。③结构的体形越来越特殊。中央电视台新台址和广州 610m 高的新电视塔表现得尤为突出,前者以倾斜塔楼和高空正交悬臂为特征,后者则以扭动编织的花篮形状为特征。④施工的环境约束越来越强。随着城市化程度不断提高,许多新建建筑周边或多或少存在重要市政设施和建筑,施工时环境保护要求高。

建筑钢结构工程的大发展为施工技术研究提供了广阔舞台。工程技术人员积极探索,利用现代高新技术改造和提升传统建筑施工工艺,取得了丰硕成果。本书从一个侧面反映了我国建筑钢结构工程施工技术研究与实践的部分成果。

全书由吴欣之和胡玉银担任主编并进行审稿工作。书中新技术及工程案例主要由上海建工集团股份有限公司及下属上海市机械施工有限公司提供,预应力钢结构施工技术及应用由上海建科预应力技术工程有限公司提供。各章新技术及应用撰写者如下:第 1 章 矩形杆多杆汇交节点无纸化制造技术,由俞晓萌编写;第 2 章 高强厚钢板工地焊接技术,由盛林峰编写;第 3 章 大型网壳钢结构安装技术,由吴欣之、夏凉风、谷凯编写;第 4 章 大跨度空间钢结构临时支撑卸载技术、第 19 章 屈曲约束耗能支撑施工技术,由夏凉风编写;第 5 章 大跨度钢结构计算机控制液压提升安装技术,由吴欣之、王云飞编写;第 6 章 大跨度柱面网壳折叠展开提升安装技术,由王云飞编写;第 7 章 钢结构整体平移安装技术,由吴欣之、陈晓明、王云飞编写;第 8 章 旋转开启式钢屋盖安装技术、第 14 章 大型旋转式龙门起重机应用技术、第 15 章 大型直行式龙门起重机应用技术,由吴欣之、陈晓明编写;第 9 章 拱形多轨道开启式钢屋盖安装技术,由陈国栋编写;第 10 章 桅杆钢结构提升安装技术,由潘令誉编写;第 11 章 爬升塔式起重机悬置布置及使用技术,由吴欣之、张宇编写;第 12 章 重型塔式起重机置于永久结构上的使用技术、第 21 章 钢结构切面投影测量定位技术,由吴欣之、夏凉风编写;第 13 章 重型履带起重机置于永久结构上的使用技术,由吴欣之编写;第 16 章 预应力钢结构施工技术,由忻鼎康编写;第 17 章 索膜结构施工技术,由郝晨均、谷凯编写;第 18 章 钢结构住宅新技术,由杨强跃编写;第 20 章 钢结构坐标法测量定位技术、第 22 章 超高结构施工 GPS 测量定位技术,由陈坚编写;第 23 章 大跨度及空间钢结构施工控制技术,由伍小平、焦常科编写。

编写过程中,作者还参阅了国内同行的部分研究成果和工程技术总结资料,在此一并表示感谢!受作者水平和编写时间所限,本书难免存在疏漏和不当之处,敬请广大读者批评指正!

编 者

目 录

序

前言

第 1 章 矩形杆多杆汇交节点无纸化制造技术	1
1.1 概述	1
1.2 技术简介	2
1.3 小结与展望	5
第 2 章 高强厚钢板工地焊接技术	7
2.1 概述	7
2.2 技术简介	8
第 3 章 大型网壳钢结构安装技术	14
3.1 概述	14
3.2 技术简介	14
3.3 工程实例	16
第 4 章 大跨度空间钢结构临时支撑卸载技术	23
4.1 概述	23
4.2 技术简介	23
4.3 工程实例	23
第 5 章 大跨度钢结构计算机控制液压提升安装技术	30
5.1 概述	30
5.2 技术简介	31
5.3 工程实例	31
第 6 章 大跨度柱面网壳折叠展开提升安装技术	38
6.1 概述	38
6.2 技术简介	39
6.3 工程实例	43
第 7 章 钢结构整体平移安装技术	44
7.1 概述	44
7.2 技术简介	44
7.3 工程实例	46
第 8 章 旋转开启式钢屋盖安装技术	61
8.1 概述	61
8.2 技术简介	63
第 9 章 拱形多轨道开启式钢屋盖安装技术	69
9.1 概述	69

9.2	技术简介	70
第 10 章	桅杆钢结构提升安装技术	78
10.1	概述	78
10.2	技术简介	78
10.3	工程实例	81
第 11 章	爬升塔式起重机悬置布置及使用技术	87
11.1	概述	87
11.2	技术简介	87
11.3	工程实例	91
第 12 章	重型塔式起重机置于永久结构上的使用技术	94
12.1	概述	94
12.2	技术简介	94
12.3	工程实例	95
第 13 章	重型履带起重机置于永久结构上的使用技术	99
13.1	技术简介	99
13.2	工程实例	99
第 14 章	大型旋转式龙门起重机应用技术	102
14.1	概述	102
14.2	技术简介	103
第 15 章	大型直行式龙门起重机应用技术	108
15.1	概述	108
15.2	技术简介	109
第 16 章	预应力钢结构施工技术	111
16.1	概述	111
16.2	技术简介	113
16.3	工程实例	116
第 17 章	索膜结构施工技术	123
17.1	概述	123
17.2	技术简介	124
17.3	工程实例	129
第 18 章	钢结构住宅新技术	135
18.1	概述	135
18.2	技术简介	135
18.3	工程实例	145
第 19 章	屈曲约束耗能支撑施工技术	149
19.1	概述	149
19.2	技术简介	150
19.3	工程实例	152
第 20 章	钢结构坐标法测量定位技术	156

20.1	概述·····	156
20.2	关键技术·····	157
20.3	工程实例·····	160
第 21 章	钢结构切面投影测量定位技术 ·····	164
21.1	技术简介·····	164
21.2	技术要点·····	164
21.3	工程实例·····	167
第 22 章	超高结构施工 GPS 测量定位技术 ·····	171
22.1	概述·····	171
22.2	技术简介·····	171
22.3	工程实例·····	174
第 23 章	大跨度及空间钢结构施工控制技术 ·····	178
23.1	概述·····	178
23.2	技术简介·····	178
23.3	工程实例·····	183
参考文献	·····	189

第 1 章 矩形杆多杆汇交节点无纸化制造技术

1.1 概述

图纸，作为工程师对建筑的一种表达方式已经几千年，它造就了不计其数的伟大建筑，甚至是世界奇迹。而随着社会的发展，人类的创造力正在无限制地被放大，建筑设计也越来越新颖奇特，空间感越来越强。渐渐地，在有些特殊工程中，平面图纸已经不能够十分准确地反映真实的设计意图，不能够满足施工需要。所以，摆脱平面图纸的束缚，做到真正的无纸化，就成为一个切实的构想，并将最终应用于实践。

所谓无纸化施工，并非一味地抛弃传统图纸形式，而是更多地以多维数据库的形式进行工程数据的传递。从设计阶段开始就建立数据库，保存各类设计成果；下游的所有深化设计工作将以设计方提供的数据为依据，进行分类处理，形成工厂加工数据和现场施工所需要的定位数据；然后，加工厂得到深化设计数据，即可导入数字化的加工设备中直接开始生产，最后，以实物产品的检测数据与设计数据进行比对来判断产品是否合格；在现场则可以参考上述所有已经取得的数据，利用全站仪等精准的电子定位设备来指导施工的进行。这样，在整个工程的实践过程中，各阶段之间完全可以做到无缝连接，既可以降低运营成本，又可以最大限度地减少人为错误。

在上海世界博览会建设期间，由于世博轴及地下综合体工程在建筑造型上的奇异性和钢结构特殊性，它成为我们进行无纸化施工理念实践的第一个工程。

世博轴及地下综合体工程（简称“世博轴”），位于上海市浦东世博园核心区，南起耀华路，跨雪野路、北环路及浦明路，至滨江世博公园。有六个特征标志性的阳光谷以满足地下空间的自然采光，阳光谷顶端与膜结构顶棚连接，如图 1-1 所示。

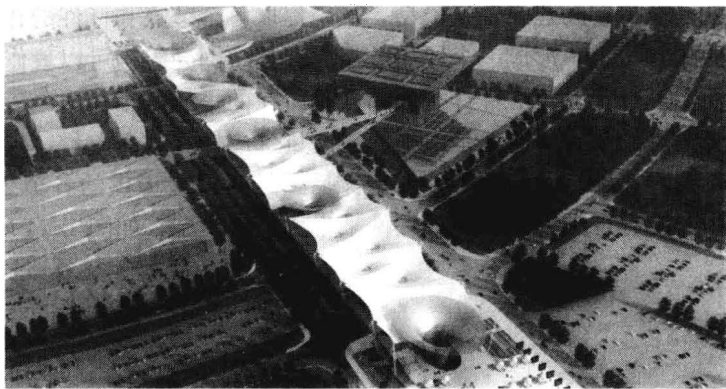


图 1-1 世博轴鸟瞰图

阳光谷结构体系为三角形网格组成的单层网架，结构的下部为竖直方向，到上部边缘逐步转化为环向展开，如图 1-2 和图 1-3 所示。

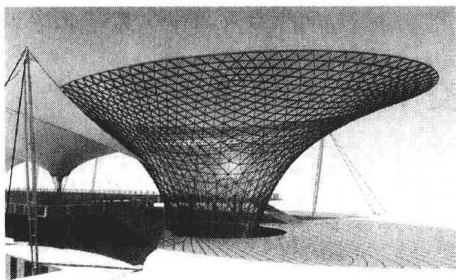


图 1-2 世博轴细部效果图（一）

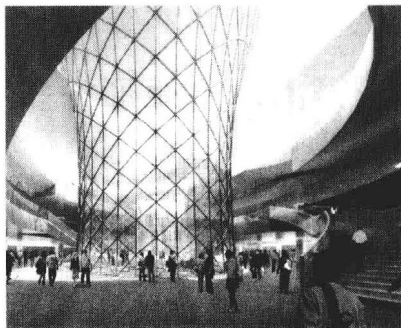


图 1-3 世博轴细部效果图（二）

阳光谷钢构件采用焊接箱形节点（部分为实心节点，采用铸钢件），截面高度为 180~500mm，宽度为 65~140mm，杆件长度为 1.00~3.50m，杆件材质采用 Q345B，节点总数 10 348 个，构件总数 30 738 件，阳光谷钢结构总重约 3075t。

阳光谷结构的特点是：虽然重量总和不高，但是构件数量巨大；虽然构件形态各异，几乎没有相同的构件，但是截面类型多，有重复；虽然整体几何形态复杂，但是具备程序化设计的条件。

1.2 技术简介

要在世博轴工程中实践无纸化施工就必须建立一套完整的系统，这套系统需要保证从设计阶段到最终结构安装阶段的所有设备都能够读取电子数据，并能够生成电子数据形式的结论。出于这样的需要，在深化设计阶段，我们自己研究并设计算法，编写程序；在加工阶段，采用数控机器人进行模具切割和构件加工；在检测阶段，选择三坐标检测仪器并自己编写精度评测程序；最后在施工阶段，利用精密电子全站仪控制所有构件的空间位置。

首先要做的就是取得空间建筑轴线模型，从中提取各个节点和杆件的相应数据，包括节点坐标和杆件间的相互关系，形成一个原始数据库。整个网壳结构可以看作是由众多小三角形构成的近似曲面。可以定义矩形杆件截面的强轴所在的平面是相邻两个三角形平面角的平分面。杆件轴线交汇点的法线方向，是由平面法向量合成杆件截面向量，再将节点所有的杆件截面向量合成得到。在确定了基本特性的定义后，结合设计提供的各个矩形截面的尺寸，利用自行设计的程序配合现有的三维设计软件来生成实体模型，如图 1-4 所示。

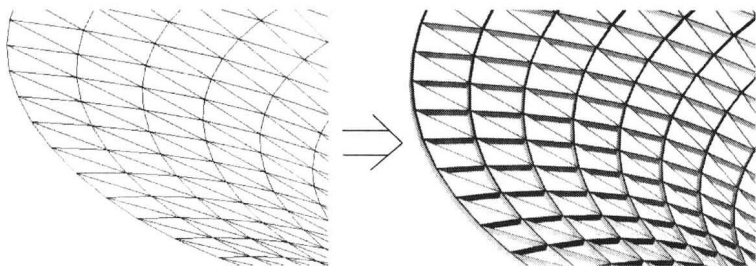


图 1-4 从轴线模型转化为实体模型

完成了整个钢结构部分的实体建模后,根据加工工艺要求,可以选取所需要的部分采集数据并形成深化设计数据包,在此以 Excel 表格的形式表现,如图 1-5 所示。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	200	196	187.06409	-81.86931	239.85505	194.16325	-79.22663	4.9771687	198.669	37.556213
3	200	199	21.281933	-225.83	218.57243	22.8955	-207.9161	-15.73824	131.83204	-179.3535
4	200	205	-180.1359	-113.3457	232.22793	-184.5287	-99.7231	-2.335762	-95.30309	-197.969
5	200	206	-182.445	95.792382	238.25123	-188.2426	92.49062	3.3459651	-202.2967	-22.5346
6	200	201	-29.55638	223.06237	220.4441	-32.24202	206.79964	-13.97713	-137.8928	171.6802
7	200	197	177.94165	118.65409	231.26603	182.11345	104.04412	-3.242273	91.116979	201.21766

图 1-5 深化设计数据矩阵

在完成深化设计之后,就需要将设计结论传递到构件加工厂的加工终端上,数据包可以通过 Internet 或者物理存储方式进行传递(具体方式需要视数据量大小和加工终端的具体需求而定)。

在加工制作时,由于模块化的思想的引入,使得原本各不相同的构件以批量加工的模式进行生产,既能够配合数字化的深化设计结果,又兼具生产效率,可以降低成本。在“世博轴”工程中,以 5 自由度的机器人作为加工终端,在配置完端口后它可以顺利地读取深化设计中的数据,并能够以十分高的精确度来加工构件。

阳光谷钢结构节点采用了铸钢节点与焊接节点两种形式。

铸钢节点的关键问题在于如何能够快速制作复杂节点铸造模型,于是“组合成模工艺”这一创新技术应运而生。即将各不相同的铸钢节点按一定的截面规格分解成标准模块,然后将标准模块按最终形状组合成模。标准模块采用高密度泡沫塑料压注制成,利用机器人技术进行数控切割和数控定位组合成模,如图 1-6~图 1-8 所示。

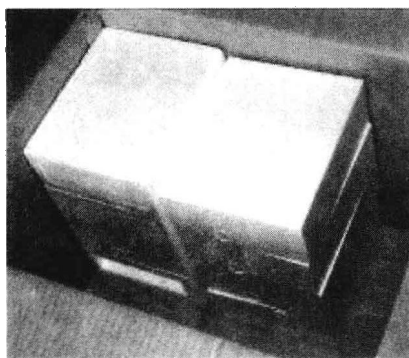


图 1-6 泡沫塑料块



图 1-7 机器人数控切割

然后,采用熔模精铸工艺(改进的消失模铸造技术)进行节点的铸造,这种技术能够提高铸件尺寸精度,以及表面和内在的质量,如图 1-9 所示。

阳光谷共有实心铸钢节点 573 个,仅模型制作时间对工程进度来说就具有相当大的制约性。采用新技术后,按不同杆件截面将铸钢节点划分为 11 种标准模块,显著降低了造价,提高了功效。

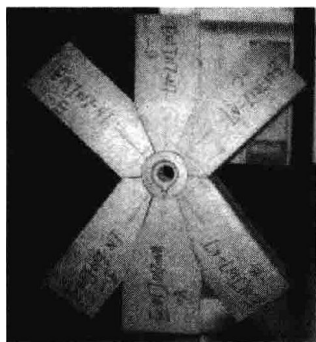


图 1-8 节点泡沫塑料模型

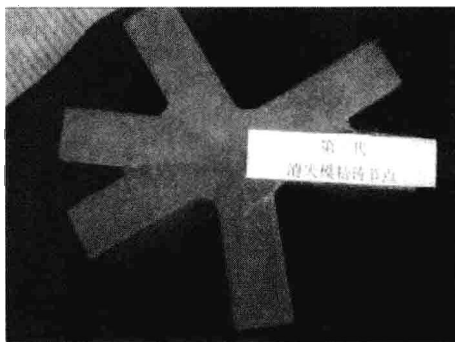


图 1-9 铸钢节点

在焊接节点的制作工艺中将节点分散为中心柱体与四周牛腿两大部分，如图 1-10 所示，分别加工，最后组拼并焊接形成整体。其具体操作如下：首先将节点的每个牛腿按照截面特性做成矩形空心块体，然后利用机器人进行精确切割，形成基础组拼件，如图 1-11 所示。在完成了节点所有基础组拼件的加工后，组拼并焊接，形成完整节点。再然后，需要对节点进行消除焊接应力的技术处理，最后对牛腿与杆件连接的端面采用自行研制的成套专用设备进行铣削处理。

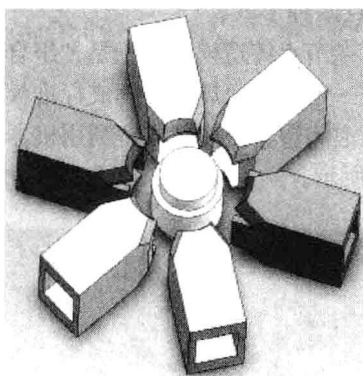


图 1-10 节点散件示意

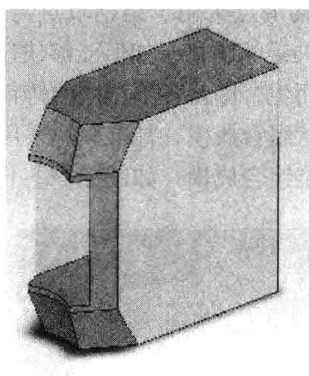


图 1-11 加工过的节点牛腿

阳光谷作为精细钢结构，对比常规钢结构，加工精度要求很高，以 0.1mm 计，故非数控设备难以达到精度要求。在此，选用自主研发的数控转台，配合工业铣床，如图 1-12 和图 1-13 所示，对节点的端面进行精加工，保证构件的几何精准度。



图 1-12 机器人切割



图 1-13 加工专用机床

由于之前的设计、加工过程都采用了数字化数据传递、分析的模式,所以构件加工完成后的构件检测也可以水到渠成地采用数据模型比对的方法。利用三坐标检测仪探测构件的所有关键控制点坐标,如图1-14所示,形成真实产品的参数矩阵(可以理解为数字模型),在经过严密的数据处理后与相应的深化设计数据矩阵(设计数据模型)进行比较,通过评估二者之间的差异来描述产品的加工精度。这里重点需要评估的是节点牛腿与杆件连接的端面精度。

由于检测坐标值与设计坐标值的参照坐标系互不相同,所以在比较前必须将两套坐标值转化到同一个坐标系下。利用空间解析几何及线性代数的一些理论和方法,可以将检测坐标值转化到设计坐标值的参照坐标系下,使得转化后的检测坐标与设计坐标尽可能接近,也就使得节点的理论模型与实物的数据模型尽可能重合以便于后续的数据比较,其基本思路如图1-15所示。



图1-14 三坐标检测仪对实样进行检测

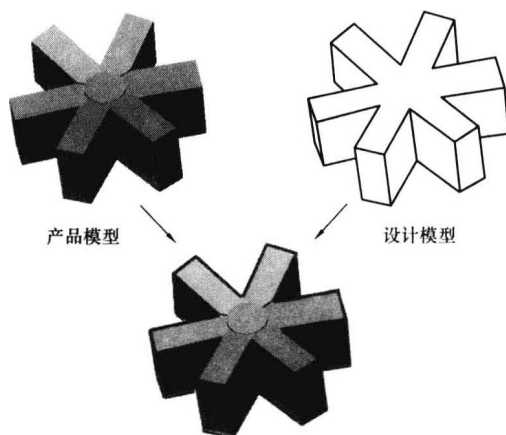


图1-15 理论模型与实体数据模型互合

然后,分别计算每个的实际端平面上的控制点到节点设计模型端面的距离是否在允许范围内,也需要计算实际产品端平面与设计模型端平面之间的夹角,判断其是否也在允许范围内。

经过处理后得到的数据可以直接反映节点端面的加工精度,预判节点安装好后是否会造造成视觉效果上的不协调。同时,如果对评测结论进行分析,还可以分析哪个加工环节出现问题。

需要补充的是,在得到了真实构件的数字模型后,每个构件的关键控制点坐标都可以转换到整个工程所用的坐标系下,这样在施工过程中只要将所有控制点的坐标输入至定位控制设备(比如全站仪),控制每个关键控制点的位置即可以满足现场施工的需要,如图1-16所示。

1.3 小结与展望

无纸化施工在世博轴及地下综合体工程中的首次实践无疑是十分成功的,这样的一种工程实践理念与目前工程界推行的BIM有相似的地方。目前,两者之间的最大区别就在于

BIM 的主流应用都能够以可视化的方式表现整个设计、建模过程，与用户交流的界面也更加友好。所以与 BIM 应用软件的融合将会使得无纸化施工的实施更加便利，更加具有可操作性，这将是我们的下一个目标。

随着科学技术的不断进步和人类创造力的不断提升，相信真正的无纸化施工在不远的将来能够应用到每个工程的建设过程中，如今我们走出的实践性的第一步相信也会成为前进道路中的第一块基石。

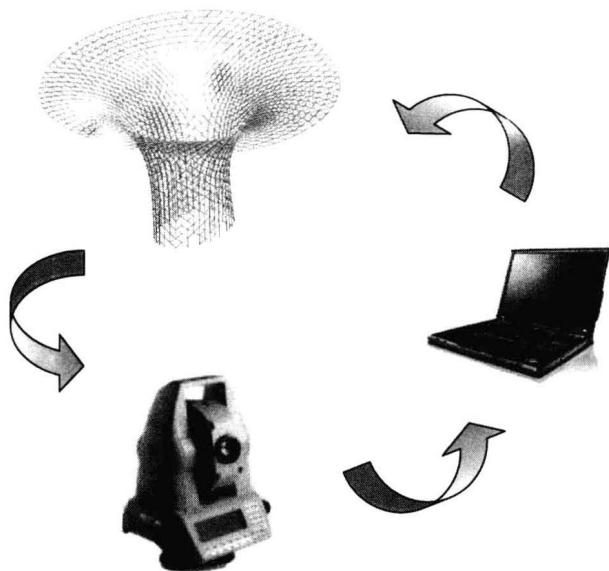


图 1-16 数字模型指导现场施工

第 2 章 高强厚钢板工地焊接技术

2.1 概述

厚板通常指板厚大于 30mm 的钢板,而目前在一些大型钢结构建筑,特别是超高层钢结构中所用钢板都较厚,有的甚至达到或超过 100mm。如国家体育场(鸟巢)工程用钢最大板厚达 110mm(Q460E-Z35);上海中心大厦工程桁架节点板厚达 120mm(Q390C-Z35)。超厚钢板的大量使用,对钢材的冶金工艺提出了更高要求,既要确保材料的性能指标,又要具有良好的焊接性,另外在焊接施工时要采取相应的焊接工艺来保证焊接质量。

建筑钢结构所用厚板的材质基本为低合金高强度钢,通常是在热轧及正火(或正火加回火)状态下焊接和使用,屈服强度 σ_s 为 295~460MPa,其中尤以 Q345 最普遍,近年来 Q390、Q420 也逐渐开始得到应用,甚至达到 Q460 级别。低合金高强度钢含有一定的合金元素及微合金化元素,其焊接性主要表现在焊接热影响区组织与性能的变化对焊接热输入敏感,热影响区淬硬倾向增大,对氢致裂纹敏感性较大。并且随着强度级别及板厚的增加,淬硬性和冷裂倾向都随之增大。焊接热影响区是整个接头最薄弱的环节,它的组织与性能取决于钢的化学成分、焊接时的加热和冷却速度。如果焊接冷却速度控制不当,焊接热影响区的局部区域将产生淬硬或脆性组织,导致抗裂性或韧性下降。随着板厚的增加,焊缝熔敷金属增加,焊接变形和应力控制难度大。

建筑钢结构涉及大量的现场焊接,不同于工厂制作焊缝,易受外部条件影响,焊接工艺的实施受到诸多限制,比如低温、大风、高空,都给焊接操作带来不利影响。同时,结构对变形要求越来越高,焊接造成的累积变形不容忽视,且事后难以消除。

表 2-1 建筑钢结构工程焊接难度区分原则(引自 JGJ 81—2002)

焊接难度 影响因素 焊接难度	节点复杂程度和拘束度	板厚/mm	受力状态	钢材碳当量 Ceq (%)
一般	简单对接、角接,焊缝能自由收缩	$T < 30$	一般静载拉、压	< 0.38
较难	复杂节点或已施加限制收缩变形的措施	$30 \leq T \leq 80$	静载且板厚方向受拉或间接动载	$0.38 \sim 0.45$
难	复杂节点或局部返修条件而使焊缝不能自由收缩	$T > 80$	直接动载、抗震设防烈度大于 8 度	> 0.45

注:碳当量按国际焊接学会(IIW)计算, $C_{eq}(\%) = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Cu+Ni}{15}$ 。

由表 2-1 可见,单纯从板厚超过 30mm 来说,焊接难度已属较难和难,而通常结合节点拘束、受力状态、焊接环境等情况,高强厚钢板焊接工艺要求高,需慎重对待。

2.2 技术简介

2.2.1 焊接方法

在建筑钢结构焊接中,从最初的焊条手工电弧焊、埋弧(单丝、双丝及多丝)焊,到20世纪70年代以后开始应用的实芯焊丝和药芯焊丝 CO_2 气体保护焊、熔嘴电渣焊、螺柱焊等焊接方法,均已得到普遍应用。

CO_2 电弧穿透力强,焊丝熔化率高,效率比手工电弧焊高2~3倍,但成本只有手工焊的40%~50%,极大地提高了焊接生产效率,缩短了施工周期,因此在建筑钢结构焊接中越来越得到重视,已逐步取代手工药皮电弧焊,如图2-1所示。 CO_2 气体保护焊,按焊丝可分为实芯焊丝(GMAW)和药芯焊丝(FCAW)两种。药芯焊丝 CO_2 气体保护焊,与等直径实芯焊丝相比,焊丝的熔敷效率接近于实芯 CO_2 焊。在同等尺寸的角焊缝焊接中,药芯 CO_2 焊飞溅小、清理方便且焊缝成形较凹,整体效率和经济效益甚至优于实芯 CO_2 焊。由于药芯 CO_2 焊焊接熔池受到 CO_2 气体和熔渣两方面的保护,抗气孔能力比实芯 CO_2 焊强。应特别指出的是, CO_2 气体保护焊由于电弧气氛的氧化性,所得熔敷金属的含氢量极低,具有较好的抗氢裂性。

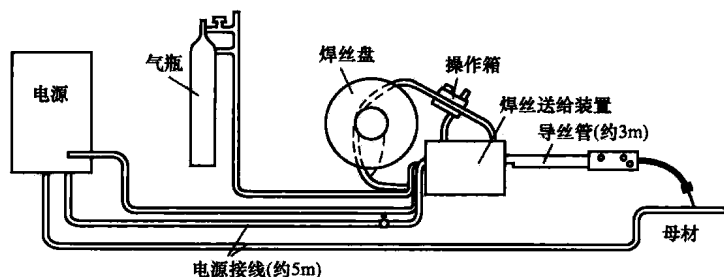


图 2-1 半自动 CO_2 弧焊机示意图

药芯焊丝自保护焊在建筑钢结构也已开始使用(图2-2),它由于不需要外加保护气体,使用更方便,且具有较强的抗风能力,但缺点是焊丝的制造工艺比较复杂,焊接时烟尘量大,因此比较适合室外焊接施工。目前自保护药芯焊丝主要用于焊接屈服强度在390MPa以下的低碳钢和低合金高强度钢,高于此强度级别的焊丝尚不成熟。

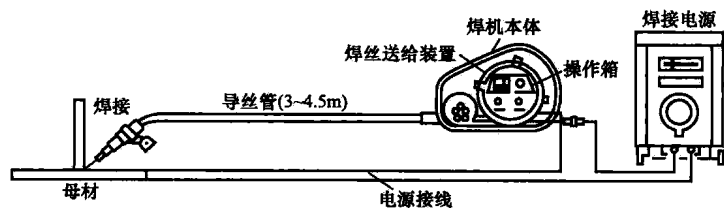


图 2-2 自保护焊机示意图

2.2.2 焊接材料

焊材的选用一般考虑以焊缝金属的强度和韧性与母材金属相匹配为原则。焊接不同类别的钢材时,焊接材料的选用以强度级别较低母材为依据。